

LICZEBNOŚĆ PRÓBY W DOŚWIADCZENIU Z NAPRĘŻENIAMI NASION
PĘCZNIEJĄCYCH WYBRANYCH GATUNKÓW ROŚLIN
STRĄCZKOWYCH

Dorota Domagała¹, Mirosława Wesółowska-Janczarek¹, Jacek Mazur²

¹Katedra Zastosowań Matematyki i Informatyki, Uniwersytet Przyrodniczy
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin
e-mail: dorota.domagala@up.lublin.pl

²Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Uniwersytet Przyrodniczy
ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin

Streszczenie. W pracy zastosowano procedurę porządkowania średnich w celu wyłonienia dwóch „najlepszych” populacji, pod względem uzyskiwanych maksymalnych naprężeń powstających w procesie pęcznienia nasion wybranych roślin strączkowych. Obliczono prawdopodobieństwa wyboru dwóch „najlepszych” populacji dla pewnej ustalonej liczebności próbek, a także wyznaczono właściwe liczebności próbek dla wybranych wartości prawdopodobieństw.

Słowa kluczowe: liczebność próby, „najlepsze populacje”, naprężenia nasion, pęcznienie w stałej objętości

WSTĘP

Jednym z ważniejszych etapów w procesie modelowania eksperymentu jest określenie odpowiedniej liczebności próby. W niniejszej pracy zajęto się ustalaniem liczebności próby w doświadczeniu, którego celem jest selekcja badanych populacji ze względu na wyszczególnioną cechę. Może to być wybór jednej „najlepszej” populacji, dwóch „najlepszych” populacji z uwzględnieniem ich kolejności lub bez, lub grupy „najlepszych” populacji (określenie „najlepsza” populacja oznacza populację o najwyższej bądź najniższej – w zależności od charakteru eksperymentu - średniej populacyjnej). Takiego wyboru dokonuje się z ustalonym prawdopodobieństwem P na podstawie oszacowanych średnich z próby (Bechhofer 1954, Desu i Raghavarao 1999, Neter i in. 1996). Ponieważ na wartość praw-

dopodobieństwa P ma wpływ między innymi liczba obserwacji (n) badanej cechy, ważne jest więc zaplanowanie takiej liczby obserwacji (n), aby prawdopodobieństwo P było jak najwyższe.

Celem pracy było wyłonienie dwóch „najlepszych” populacji, z uwzględnieniem ich kolejności, pod względem uzyskiwanych maksymalnych naprężeń powstających w procesie pęcznienia w stałej objętości pojedynczej warstwy nasion wybranych roślin strączkowych, a także wyznaczenie liczebności próby zapewniającej dokonanie takiego wyboru z ustalonym prawdopodobieństwem $P = 0,95$ i $P = 0,99$ dla ustalonej wielkości istotnej różnicy. Należy w tym miejscu zwrócić uwagę na fakt, że wzrost naprężeń powstających w procesie pęcznienia jest zjawiskiem niepożądanym, dlatego za lepsze traktujemy populacje o niższych naprężeniach.

MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęte zostały nasiona bobiku (Jan II), fasoli (Jaś – karłowata), grochu (Fidelia), łubinu wąskolistnego (niebieskiego – Emir), łubinu żółtego (Junno), łubinu białego (Wat), soi (Polan). Określono maksymalne naprężenia (MPa) powstające w procesie pęcznienia pojedynczej warstwy testowanych nasion (Mazur 1999). Pomiar przeprowadzono w pięciu powtórzeniach. Badania dotyczyły materiału zamkniętego w pojemnikach o określonej objętości. Pomiar przeprowadzono dla grupy kontrolnej, a także dla nasion poddanych wcześniej działaniu promieni podczerwonych (przez 2 lub 4 minuty) lub działaniu mikrofal (przez 2 lub 4 minuty). W procesie działania promieniami podczerwonymi wykorzystano halogenowy promiennik podczerwieni ($2 \times 1000\text{W}$), odległość próbki wynosiła 120 mm od źródła promieni, do mikrofal wykorzystano magnetron o mocy 650W, próbki umieszczone w obszarze maksymalnego oddziaływania.

Jako czynnik różnicujący obrano rodzaj obróbki termicznej. Przyjęto następujące oznaczenia:

- M2 – nasiona poddane działaniu mikrofal przez 2 minuty,
- M4 – nasiona poddane działaniu mikrofal przez 4 minuty,
- P2 – nasiona poddane działaniu promieni podczerwonych przez 2 minuty,
- P4 – nasiona poddane działaniu promieni podczerwonych przez 4 minuty,
- B – nasiona nie poddawane obróbce termicznej (populacja kontrolna).

Wybór dwóch „najlepszych” populacji z uwzględnieniem ich kolejności jest szczególnym przypadkiem podziału badanych populacji na trzy rozłączne grupy, jednorodne pod względem średniej populacyjnej (Domagała 2006). Zakłada się, że w każdej z trzech grup średnie populacyjne są równe, a różnica pomiędzy średnią z drugiej i średnią z pierwszej grupy jest równa δ i różnica pomiędzy

średnią z trzeciej i średnią z drugiej grupy także jest równa δ . Ponadto zakłada się, że średnie mają rozkład normalny, a wariancje w każdej populacji są znane i równe σ^2 . Podział populacji na trzy (p , r i s elementowe) rozłączne grupy, jednorodne pod względem średniej populacyjnej, opiera się na uszeregowaniu w kolejności rosnącej wyznaczonych średnich z prób. Próby te są jednakowo liczne (n) i pobierane są z każdej badanej populacji. Na podstawie otrzymanego uszeregowania zalicza się populacje związane z p najniższymi średnimi do pierwszej grupy, z r następnymi średnimi do drugiej grupy, a z s najwyższymi średnimi do trzeciej grupy.

Prawdopodobieństwo dokonania takiego podziału określone jest odpowiednim wzorem (Domagała 2006). W przypadku wyboru dwóch „najlepszych” populacji z uwzględnieniem ich kolejności ($p = 1$, $r = 1$) przedstawia się on następująco:

$$P = \int_{-\infty}^{\infty} f(y) \left[F\left(y + \frac{\delta\sqrt{n}}{\sigma}\right) \right] \left[1 - F\left(y - \frac{\delta\sqrt{n}}{\sigma}\right) \right]^s dy \quad (1)$$

gdzie

$$F(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t \exp\left(-\frac{1}{2}z^2\right) dz, \quad f(t) = F'(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}t^2\right) \quad (2)$$

oznaczają, odpowiednio, dystrybuantę i funkcję gęstości standaryzowanego rozkładu normalnego.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyznaczono i uszeregowano średnie z próbek odpowiadających poziomom czynnika opisanym wyżej dla każdej rośliny. W ten sposób wybrano dwie „najlepsze” populacje z uwzględnieniem ich kolejności (tab. 1).

Tabela 1. Wybór dwóch populacji o najniższych maksymalnych naprężeniach
Table 1. The selection of two populations with the lowest maximum pressure values

Bobik	(M4), (P4), (M2, P2, B)
Fasola	(M4), (P4), (M2, P2, B)
Groch	(M4), (M2), (P4, P2, B)
Soja	(M4), (M2), (P4, P2, B)
Ł. Emir	(M4), (P4), (M2, P2, B)
Ł. Juno	(M4), (P4), (M2, P2, B)
Ł. Wat	(M4), (M2), (P4, P2, B)

Następnie wyznaczono wartości istotnych różnic δ wykrytych z prawdopodobieństwem równym 0,95 oraz 0,99 (tab. 2). Najmniejsze różnice otrzymano dla łąbinu odmiany Emir, największe dla soi. Otrzymane wyniki zdeterminowała wartość oszacowanego odchylenia standardowego – największego dla soi i najmniejszego dla łąbinu Emir.

Tabela 2. Istotne różnice δ wykryte z prawdopodobieństwem 0,95 i 0,99

Table 2. Significant differences δ revealed with probability of 0.95 and 0.99

Gatunek – Species	0,95	0,99
Bobik	0,060	0,078
Fasola	0,107	0,140
Groch	0,010	0,130
Soja	0,153	0,199
Ł. Emir	0,050	0,065
Ł. Juno	0,111	0,145
Ł. Wat	0,106	0,138

W kolejnym kroku wybrano pewne wartości różnic $\delta = 0,07, 0,05, 0,03, 0,01, 0,005$ i wyznaczono prawdopodobieństwo P z jakim zostałyby wykryte. W tabeli 3 znajdują się wartości prawdopodobieństw z jakimi wybrane różnice δ zostałyby wykryte dla rzeczywistych liczebności próbek równych 5. Najmniejsze prawdopodobieństwa otrzymano dla soi, największe dla łąbinu Emir.

Tabela 3. Prawdopodobieństwa wykrycia wybranych różnic δ

Table 3. Probability of detection of selected differences δ

Gatunek – Species	$\delta = 0,07$	$\delta = 0,05$	$\delta = 0,03$	$\delta = 0,01$	$\delta = 0,005$
Bobik	0,98	0,90	0,69	0,39	0,32
Fasola	0,80	0,66	0,49	0,33	0,29
Groch	0,83	0,69	0,51	0,33	0,29
Soja	0,66	0,54	0,42	0,30	0,28
Ł. Juno	0,79	0,65	0,48	0,32	0,29
Ł. Wat	0,81	0,67	0,50	0,33	0,29
Ł. Emir	>0,99	0,95	0,76	0,42	0,33

W ostatnim etapie wyznaczono takie liczebności próbek, aby można było wykryć wybrane różnice δ z prawdopodobieństwem 0,95 lub 0,99 dla wyboru dwóch „najlepszych” populacji z uwzględnieniem ich kolejności (tab. 4 i 5). Zgodnie z oczekiwaniami najmniejsze liczebności próby otrzymano dla łubinu Emir, zaś największe dla soi.

Tabela 4. Liczebności próbek wymagane do wykrycia wybranych różnic δ z prawdopodobieństwem $P = 0,95$

Table 4. Sample sizes required to detect selected differences δ with probability $P = 0.95$

Gatunek – Species	$\delta = 0,07$	$\delta = 0,05$	$\delta = 0,03$	$\delta = 0,01$	$\delta = 0,005$
Bobik	4	8	20	180	718
Fasola	12	24	65	577	2305
Groch	11	20	55	495	1980
Soja	24	47	130	1165	4657
Ł. Juno	13	25	69	617	2465
Ł. Wat	12	23	63	565	2258
Ł. Emir	3	6	15	127	505

Tabela 5. Liczebności próbek wymagane do wykrycia wybranych różnic δ z prawdopodobieństwem $P = 0,99$

Table 5. Sample sizes required to detect selected differences δ with probability $P = 0.99$

Gatunek – Species	$\delta = 0,07$	$\delta = 0,05$	$\delta = 0,03$	$\delta = 0,01$	$\delta = 0,005$
Bobik	7	13	34	305	1217
Fasola	20	40	109	977	3908
Groch	18	34	94	839	3356
Soja	41	79	220	1974	7895
Ł. Juno	22	42	117	1045	4178
Ł. Wat	20	39	107	957	3828
Ł. Emir	5	9	24	214	856

WNIOSKI

1. Dwoma „najlepszymi” poziomami czynnika z uwzględnieniem kolejności były: proces oddziaływania mikrofalami przez 4 minuty (M4), oraz oddziaływa-

nie promieniami podczerwonymi przez 4 minuty (P4) lub mikrofalami przez 2 minuty (M2) w zależności od badanej rośliny.

- a. Dla każdej badanej rośliny najniższe naprężenia w procesie pęcznienia w stałej objętości uzyskano w przypadku, gdy nasiona poddano działaniu mikrofal przez 4 minuty (M4).
- b. Drugie z kolei najniższe naprężenia uzyskano dla nasion bobiku, fasoli, łubinu odmiany Emir i Juno poddanych działaniu promieni podczerwonych przez 4 minuty (P4) oraz dla nasion grochu, soi i łubinu odmiany Wat poddanych działaniu mikrofal przez 2 minuty (M2).

PIŚMIENNICTWO

- Bechhofer R.E., 1954. A single-sample multiple decision procedure for ranking means of normal populations with known variances. *Ann. Math. Statist.*, 17-39.
- Desu M.M., Raghavarao D., 1999. *Sample size methodology*. Academic Press, Inc. San Diego.
- Domagała D., 2006. Ustalanie liczebności próby w doświadczeniach z zakresu inżynierii rolniczej. Rozprawa doktorska.
- Mazur J., 1999. Zmiany właściwości fizycznych i funkcjonalnych nasion w wyniku ich pęcznienia. Rozprawa doktorska.
- Neter J., Kutner M.H., Nachtsheim C.J., Wasserman W., 1996. *Applied linear statistical models*. TMHEG Inc.

SAMPLE SIZE IN EXPERIMENT ON SWELLING SEED PRESSURE IN SELECTED LEGUMINOUS PLANTS

Dorota Domagała¹, Mirosława Wesółowska-Janczarek¹, Jacek Mazur²

¹Department of Applied Mathematics and Computer Science, University of Life Sciences
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin
e-mail: dorota.domagala@up.lublin.pl

²Department of Engineering and Food Industry Machines, University of Life Sciences
ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin

Abstract. In the study the procedure of ordering mean values was applied to identify two “best” populations, considering maximum pressure values obtained in the process of swelling seeds in selected leguminous plants. The probability of selecting two “best” populations was calculated for fixed sample sizes, and the required sample sizes were determined for selected probability values.

Key words: sample size, „best populations”, seed pressure, swelling in constant volume